



Utiliser les données territorialisées du changement climatique avec l'outil DRIAS : quels besoins, quelles limites ?

Olivier Dupont, Météo-France
Nancy, 6 décembre 2016

Plan de la présentation

- Contexte : connaître les aspects du changement climatique, un besoin
- La modélisation climatique : modèles, scénarios, méthodes
- Les limites de l'exploitation des données de simulations
 - sources d'incertitudes
 - notions d'horizons et de projections climatiques
- L'outil DRIAS : pour quoi, par qui, pour qui ?
- Un exemple d'utilisation du DRIAS : de l'extraction des données jusqu'au tableau de synthèse
- Courte présentation d'une étude qui a fait appel aux projections climatiques du DRIAS

Contexte

Connaître les différents aspects du changement climatique : un besoin

Besoin de connaître **les manifestations** du changement climatique dans le temps et dans l'espace pour évaluer **ses impacts** sur l'environnement et les activités humaines

- **Les manifestations** du changement climatique sont hétérogènes :
 - Dans l'espace :
 - à l'échelle mondiale (réchauffement plus fort dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud)
 - à l'échelle de la France (augmentation des précipitations annuelles au nord, diminution au sud)
 - Dans le temps :
 - évolution nette des températures dès 2021-2050
 - évolution des précipitations plus sensible après le milieu du siècle
- **Les impacts** peuvent être ressentis dans de nombreux domaines :
 - L'agriculture :
 - épisodes de sécheresse plus long => gestion des ressources en eau douce et du fourrage
 - épisodes de gel plus courts => élimination des parasites, épuisement de la végétation
 - La biodiversité : changement trop rapide pour que les écosystèmes s'adaptent => perte des habitats
 - Les infrastructures : montée du niveau de la mer => consolidation des digues, gestion des polders
 - L'énergie : débit des fleuves, force du vent
 - Les mouvements de populations (désertification, montée du niveau de la mer)
 - Le domaine sanitaire :
 - confort thermique (durée des épisodes de chaleur, intensité des îlots de chaleur urbains)
 - arrivée d'espèces animales inhabituelles porteuses de maladies
 - Assurances : augmentation du coût des événements extrêmes (intensité des phénomènes, augmentation de la vulnérabilité du fait d'une présence humaine plus dense et d'infrastructures plus nombreuses)
 - Le tourisme (moins de neige en moyenne montagne)

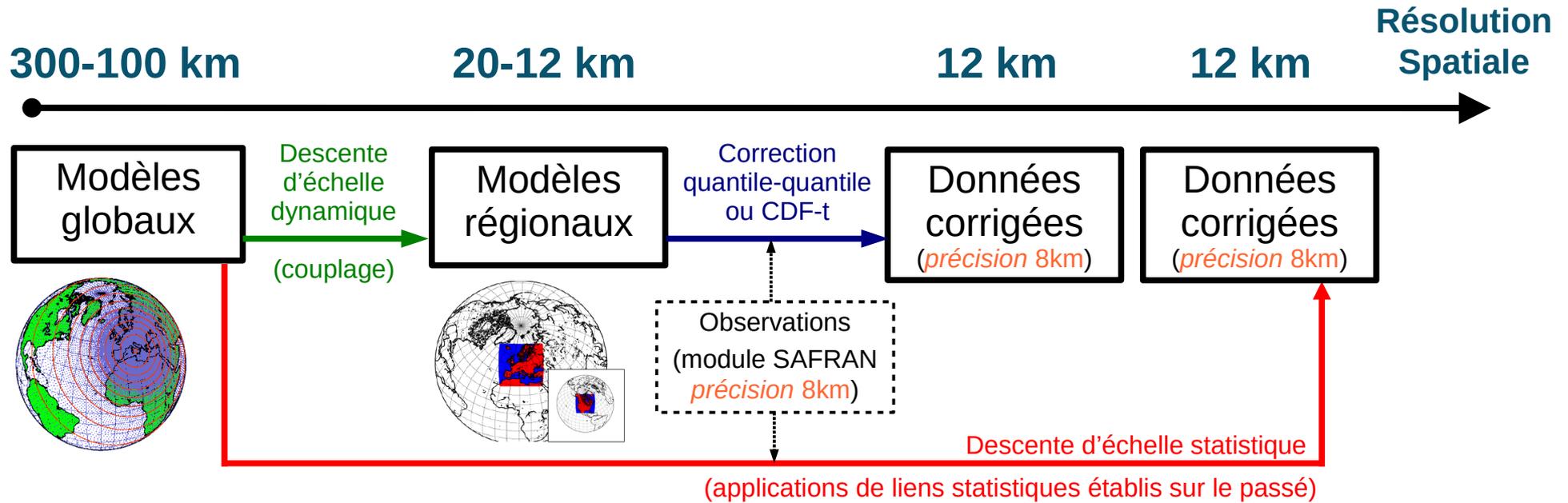
La modélisation climatique

Des modèles, scénarios et méthodes pour connaître le climat futur

- On fait tourner plusieurs **modèles globaux** (de « grande échelle ») qui font évoluer le système sol / océans / atmosphère.
 - Domaine de simulation : la planète entière
 - Résolution : entre 300 et 150 km
 - Chacun intègre différents **scénarios d'émission** de gaz à effet de serre
- Les modèles démarrent avec des conditions initiales au XX^{ème} siècle et font des simulations jusqu'en 2100 voire au-delà.
- On effectue une « descente d'échelle » pour augmenter la résolution du modèle climatique :
 - Méthode **dynamique** : un **modèle régional**, (de « petite échelle ») est couplé à un modèle global
 - Domaine de simulation : une zone limitée (par ex.: Europe)
 - Résolution spatiale : entre 20 et 12 km
 - Méthode statistique : des liens statistiques sont calculées entre paramètres de grande et de petite échelle sur une période passée, et sont appliquées sur les résultats du modèle de grande échelle dans le futur
- On utilise une période du passé (période de référence) pour appliquer une **méthode de correction** des modèles par rapport aux observations (méthode quantile-quantile ou CDF-t).
- La comparaison entre différents modèles permet d'évaluer **l'incertitude** due au processus de **modélisation**, et celle due au **scénario** d'émission.

La modélisation climatique

La descente d'échelle : du modèle global à la donnée corrigée



Modélisation numérique du temps

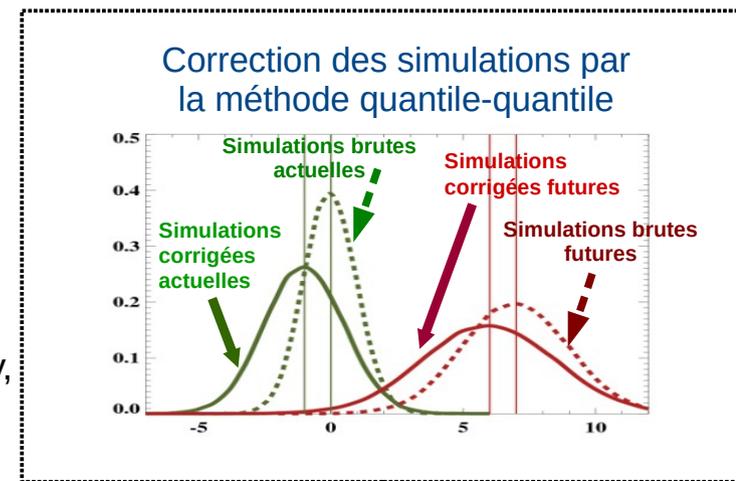
Modélisation statistique

OU BIEN

Modélisation numérique du temps

Correction

S'adapter au changement climatique en milieu urbain, Nancy,



La modélisation climatique

Les nouveaux scénarios RCP du GIEC

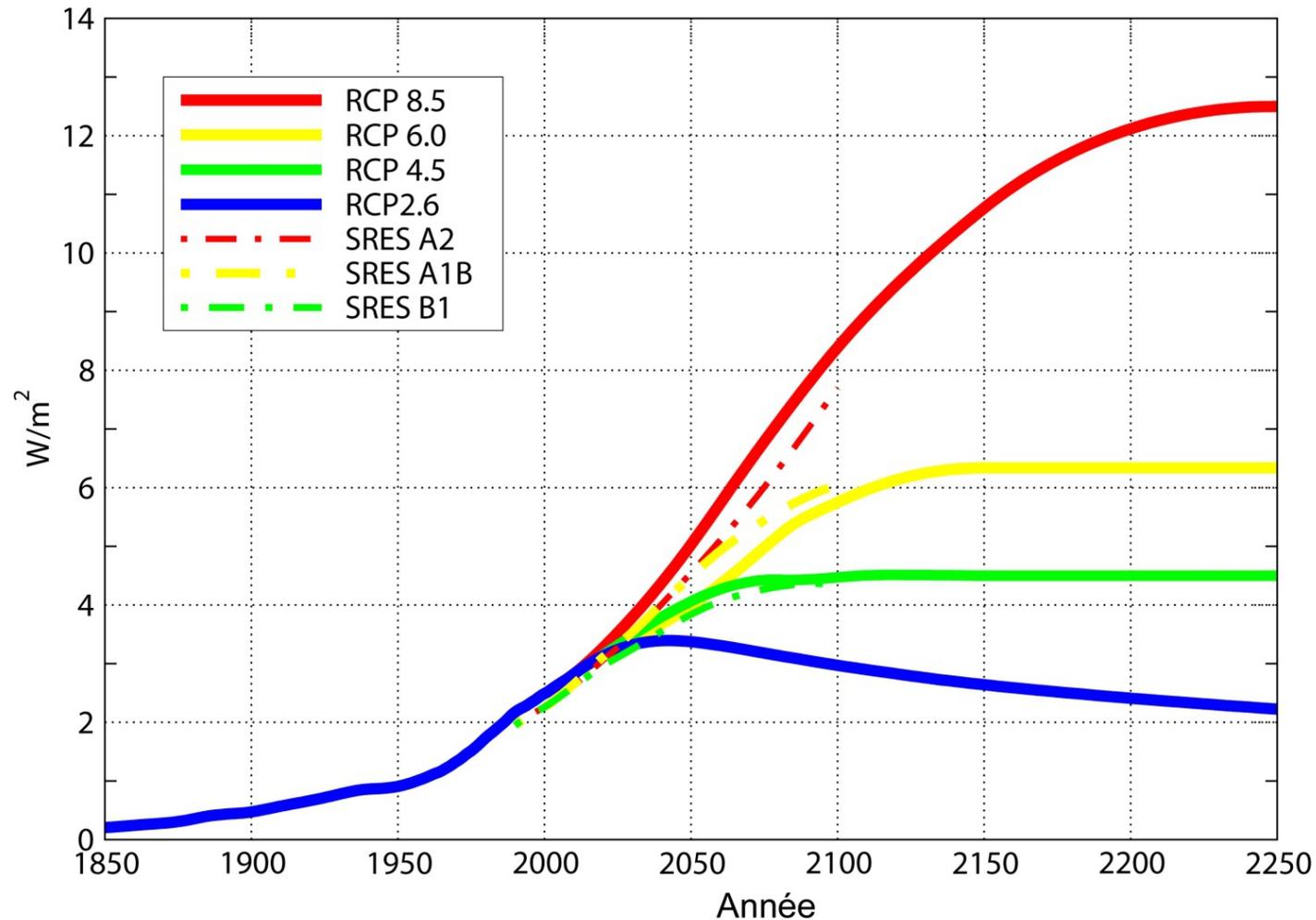
- Ils s'appuient sur une hypothèse chiffrée d'**augmentation du bilan radiatif** de l'atmosphère : différence entre le rayonnement descendant et le rayonnement montant au sommet de la troposphère (entre 9 et 16 km d'altitude).
- Chaque scénario de type RCP (« *Representative Concentration Pathway* ») conduit à une évaluation parallèle de la réponse du climat et des hypothèses socio-économiques compatibles avec ce scénario.

Nom	Forçage radiatif vers 2100 (W/m ²)	Concentration (ppm)	Profil d'évolution
RCP8.5	8,5	1313 eq-CO ₂ en 2100	Croissant, sans politique climatique
RCP6.0	6,0	800 eq-CO ₂ au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation après 2100
RCP4.5	4,5	630 eq-CO ₂ au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation avant 2100
RCP2.6	2,6	Pic à 475 eq-CO ₂ avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin

La modélisation climatique

Les nouveaux scénarios (et les anciens) en graphiques

En terme de **modification du bilan radiatif** de la planète, on peut faire des rapprochements entre les anciens scénarios (SRES) et les nouveaux.



Exploitation des données : quelles limites ?

Les sources d'incertitude et la représentation probabiliste de l'information

- Les incertitudes dues aux **modèles** :
 - La connaissance des phénomènes est imparfaite
 - Leur représentation dans les modèles est approximative (processus physiques, cycle du carbone, chimie, etc.)
 - => L'incertitude des modèles domine vers le milieu du siècle
- Les incertitudes dues aux **scénarios d'émissions** de gaz à effet de serre :
 - => L'incertitude des scénarios domine vers la fin du siècle
- L'incertitude due à la **variabilité naturelle** du climat (variabilité intrinsèque et chaotique)
- L'incertitude liée au processus de **descente d'échelle**
- L'incertitude spécifique liée au **modèle d'impact** (ex. : modèle hydrologique, modèle de rendement agricole, etc.)
 - => Face à cette cascade de sources d'incertitudes, il faut **représenter l'information de manière probabiliste** en utilisant de nombreuses projections climatiques issues d'ensembles de modèles.

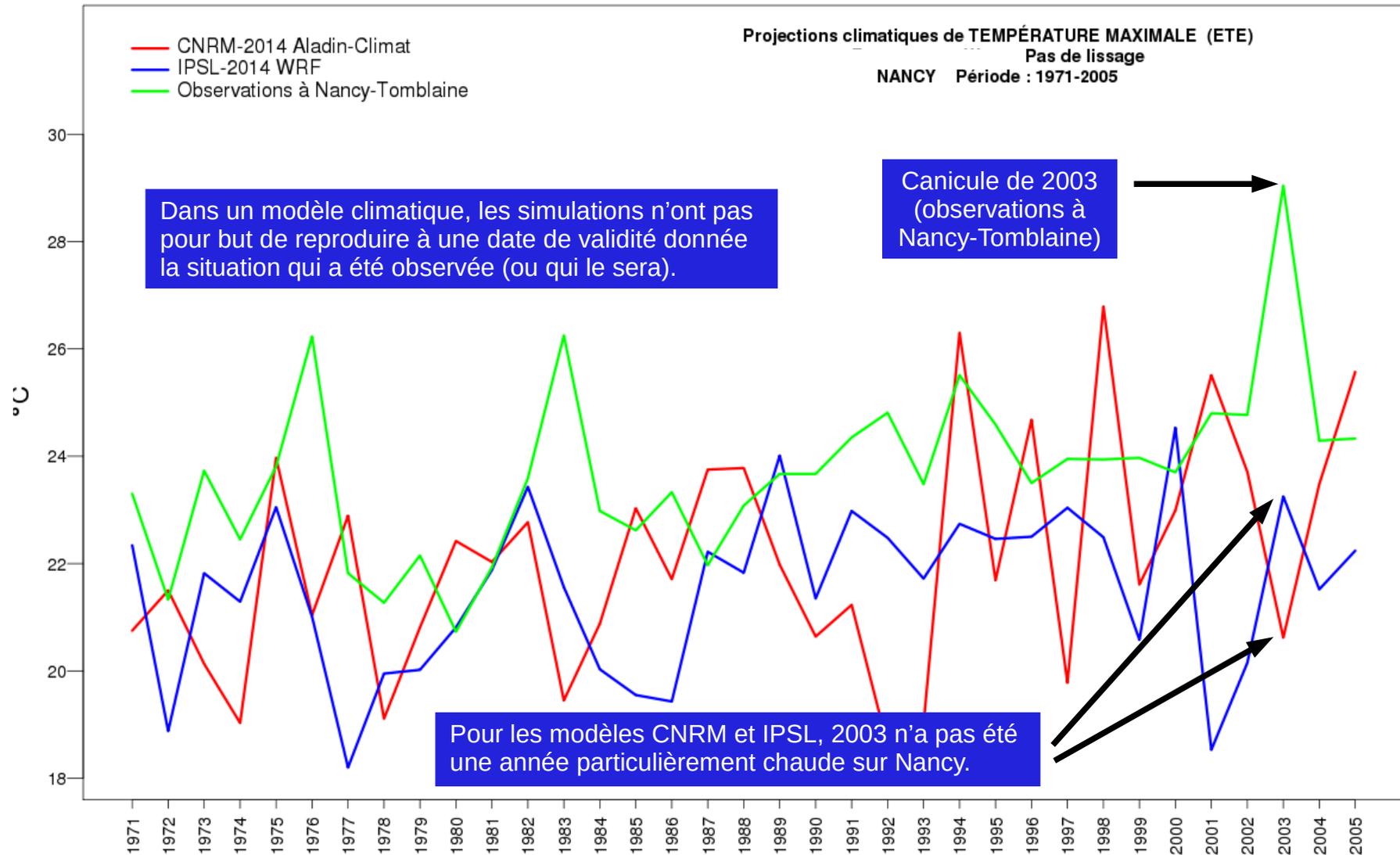
L'exploitation des données : quelles limites ?

Notion de projection climatique et d'horizon

Exemple de simulations sur la période de référence (zone de Nancy)

On ne peut pas comparer les données de simulation climatique à une date particulière. Les données de la période de référence (1976-2005) ne sont pas des observations.

Les **valeurs moyennes** ou les **fréquences des phénomènes** sont comparables sur des périodes d'au moins 30 ans (**des horizons**), d'où la notion de **projections climatiques**.



L'exploitation des données : quelles limites ?

Utilisation des données de simulations climatiques : les bonnes pratiques

- Ne pas comparer les données des simulations climatiques à une date particulière. Dire qu'il fera 28.9°C à Nancy le 24 juillet 2062 est faux.
- Les données de la période de référence ne sont pas des observations.
- Utiliser systématiquement plusieurs scénarios et/ou plusieurs modèles : il faut intégrer au moins une source principale d'incertitude. On ne peut pas établir une projection en se basant sur un seul modèle et un seul scénario.
- Choisir (quand c'est possible) la méthode de descente d'échelle (statistique ou dynamique) adaptée à l'application étudiée.
- Utiliser des jeux de données corrigées (descente d'échelle dynamique) : méthode quantile-quantile ou CDF-t.
- Ne pas pondérer les simulations climatiques : aucun scénario n'est plus probable qu'un autre, ni aucun modèle plus robuste qu'un autre.
- Attention à l'interprétation des résultats pour les horizons proches (2000-2030) : il est difficile de distinguer la variabilité climatique naturelle d'un signal dû au changement climatique.
- L'application d'une méthode de correction entraîne le passage à une précision plus fine (8km) mais n'a pas d'influence sur la qualité intrinsèque des modèles qui dépend entre autres de leur résolution native (au mieux 12km).

L'outil DRIAS, c'est quoi ?



Donner accès aux scénarios climatiques **R**égionalisés français pour l'**I**mpact et l'**A**daptation de nos **S**ociétés et environnements

www.drias-climat.fr

- C'est un portail d'accès simplifié aux projections climatiques régionalisées françaises. On y trouve :
 - **Des données** numériques pour les utilisateurs avertis ; ces données sont corrigées par rapport aux observations, donc directement exploitables (espace Données et Produits)
 - **Des cartes** interactives d'indices climatiques associées à des informations géographiques (espace Découverte)
 - **Une aide** (document, FAQ, hotline) pour transmettre les bonnes pratiques associées à l'utilisation des informations (espace Accompagnement)
- C'est un lien entre utilisateurs et chercheurs : un comité d'utilisateurs exprime des besoins et valide des choix de l'équipe projet.
- Il a été co-financé par le programme Gestion et Impact du Changement Climatique du MEEM.

L'outil DRIAS, c'est fait par qui ?



- Coordination du service et mise en œuvre technique :
Direction de la Climatologie et des Services Climatiques (DCSC)
de Météo-France



- Les principaux producteurs français de modélisation climatique :

- Le Centre National de Recherches Météorologiques
(**CNRM**, UMR3589)



- Le Centre Européen de Recherche et de Formation
Avancée en Calcul Scientifique (**CERFACS**)



- L'Institut Pierre Simon de Laplace (**IPSL**) :
Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) et
Laboratoire des Sciences du climat et de l'Environnement



L'outil DRIAS, c'est pour qui ?



Tous ceux qui sont impliqués dans des études d'impact et d'adaptation au changement climatique.

- Pour des **experts**

Chercheurs, universitaires

- Pour des **spécialistes**

Hydrologues, agronomes, géographes, ingénieurs en environnement

- Pour des **non-spécialistes** :

Acteurs des territoires, représentants de l'État, industriels

Exemple de dossiers traités par Météo-France :

Projections climatiques pour des organismes publics (conseils régionaux ou départementaux, DATAR, DREAL, ADEME) ou des sociétés privées (Eiffage, Safège, ARTELIA, EGIS,...), études d'îlots de chaleur urbains pour des Établissements Publics d'Aménagement, le plus souvent en partenariat.

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 1 : Choix du type de scénario, du type de donnée, et des modèles

Catalogue des produits

Simulations

+ ouvre tout - ferme tout JALISC

Catalogue 'SIMULATIONS CLIMATIQUES'

- Simulations climatiques atmosphériques
 - Scénarios SRES
 - Scénarios RCP
 - Métropole
 - DONNEES CORRIGEEES
 - INDICES
 - Simulations CNRM-2014
 - Simulations IPSL-2014
 - Simulations EURO-CORDEX
 - Outre-mer
- Simulations hydro-climatiques
- Simulations agro-climatiques

Special Report on Emission Scenarios
Anciens scénarios socio-économiques du GIEC

Representative Concentration Pathways
Scénarios les plus récents

Données quotidiennes corrigées

Données plus élaborées et corrigées

Simulations d'un modèle régional couplé au modèle global du CNRM

Simulations d'un modèle régional couplé au modèle global de l'IPSL

Statistiques basées sur des simulations de nombreux modèles régionaux couplés à plusieurs modèles globaux (ensemble de simulations)
www.euro-codex.net

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 2 : Choix de la période de calcul des indices

Rappel du besoin : moyennes des températures maximales en été aux horizons 2021-2050 et 2071-2100

Sélection d'indices saisonniers par horizon pour CNRM-2014 puis IPSL-2014
On procède de même pour extraire les données Eurocordex2014

Formulaire de commande du produit (accès connecté)

Caractéristiques et exemple de produit (accès libre)

- Indices mensuels 'CNRM2014' (série temporelle)
- Indices mensuels 'CNRM2014' par horizon
- Indices saisonniers 'CNRM2014' (série temporelle)
- Indices saisonniers 'CNRM2014' par horizon**
- Indices annuels 'CNRM2014' (série temporelle)
- Indices annuels 'CNRM2014' par horizon

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 3 : Choix du scénario, de l'horizon et de la saison

Données corrigées par la méthode « quantile-quantile »

Choix d'un scénario RCP Période simulée Aladin-climat : modèle climatique régional

Sélection du jeu de données

Affiche lignes par tableau

Expérience	Identifiant	Scénario	Période	Modèle
CNRM2014	ALADIN	Référence	1950-2005	Aladin Climat corrigé QQ
CNRM2014	ALADIN	RCP2.6	2006-2100	Aladin Climat corrigé QQ
CNRM2014	ALADIN	RCP4.5	2006-2100	Aladin Climat corrigé QQ
CNRM2014	ALADIN	RCP8.5	2006-2100	Aladin Climat corrigé QQ

Expérience Identifiant Scénario Période Modèle

Lignes 1 a 4 (total: 4)

Référence temporelle

Période

Période de référence

Horizon proche *indice calculé sur la période [2021-2050]*

Horizon moyen *indice calculé sur la période [2041-2070]*

Horizon lointain *indice calculé sur la période [2071-2100]*

Hiver

Printemps

Été

Automne

Choix de la saison

S'adapter au changement climatique en milieu urbain, Nancy, 6 décembre 2016

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France
Etape 4 : Sélection des points de grille

The screenshot shows the 'Sélection des points de grille' (Grid point selection) interface. The main map displays a grid of points over the geographical outline of France. The interface includes a top navigation bar with icons for selection, map movement, and general view. A right-hand sidebar contains a 'Couches géographiques' (Geographic layers) section with checkboxes for various data layers, where 'Points de grille' is checked. Below this are sections for 'Sélection autour d'une commune' (Selection around a commune) and 'Sélection d'une zone géographique' (Selection of a geographic zone), both currently showing 'France'.

Sélection des points de grille

Sélectionner : [Icons for pan, zoom, and selection] Effacer la sélection

Déplacer la carte : [Hand icon]

Vue générale : [Map of France icon] [Grid icon]

Couches géographiques

- Fond de carte (OSM)
- Régions administratives
- Départements
- Communes
- Bassins versants régionaux
- Bassins versants secteurs
- Bassins versants sous secteurs
- Points de grille

Sélection autour d'une commune

[Input field] [Chercher]

Sélection d'une zone géographique

France [Dropdown arrow]

[Appliquer]

S'adapter au changement climatique en milieu urbain, Nancy, 6 décembre 2016

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 5 : Sélection des indices

Paramètres météorologiques

Sélection rapide des paramètres

TEMPÉRATURES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES

NOMBRE DE JOURS DE TEMPÉRATURES ANOMALIES DU NOMBRE DE JOURS DE TEMPÉRATURES

PRÉCIPITATIONS ANOMALIES DE PRÉCIPITATIONS

NOMBRE DE JOURS DE PRÉCIPITATIONS ANOMALIE DU NOMBRE DE JOURS DE PRÉCIPITATIONS

AUCUN / TOUS

Nombre de paramètres

sélectionnés : 1

⚠ Le choix d'un paramètre 'Anomalie ...' fournira systématiquement des valeurs nulles si la Période choisie est la Période de référence.

Températures ...

Anomalies de Températures ...

- Anomalie de température moyenne [C]
- Anomalie de température minimale [C]
- Anomalie de température maximale [C]
- Anomalie d'amplitude thermique [C]
- Anomalie de l'extrême chaud de la température maximale [C]
- Anomalie de l'extrême froid de la température maximale [C]
- Anomalie de l'extrême chaud de la température minimale [C]
- Anomalie de l'extrême froid de la température minimale [C]
- Anomalie des degrés-jours de chauffage [C]
- Anomalie des degrés-jour de climatisation [C]

Nombre de jours de Températures ...

Anomalies du nombre de jours de Températures ...

Sélection de l'écart moyen (par rapport à la période de référence) de la moyenne de la température moyenne (en été)

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 6 : Examen du fichier extrait

```
#-----  
# Date d'extraction : 30/11/2016 - 16h46 loc.  
#-----  
# Producteur : CNRM  
# Experience : CNRM2014  
# Modele : ALADIN  
# Scenario :  
# RCP4.5 : scenario RCP4.5  
#-----  
# Horizons :  
# H1 : Horizon proche  
# H3 : Horizon lointain  
#-----  
# Type d'indice : saisonnier  
# (1 - hiver, 2 - printemps, 3 - été, 4 - automne)  
#-----  
# Indices :  
# ATAV : Anomalie de Température moyenne journalière (°C)  
#-----  
# Format des enregistrements  
# Point;Latitude;Longitude;Contexte;Période;Saison;ATAV;  
#-----  
14403;48.6889;6.1937;RCP4.5;H1;3;23.81;  
14403;48.6889;6.1937;RCP4.5;H3;3;26.22;  
[...]
```

Scénario choisi

Horizons choisis

Rappel des indices demandés

Valeurs par point de grille, scénario et horizon

On moyenne les indices sur tous les points de grille de la zone sélectionnée (France), et...

Exemple d'utilisation du DRIAS

Montrer l'évolution de la température moyenne estivale en France

Etape 7 : Constitution d'un tableau de synthèse

Expériences →		Eurocordex	IPSL-2014	CNRM-2014	Eurocordex
Statistiques →		C25	Moyenne	Moyenne	C75
Zone France					
Période	Scénarios	Incertitude associée aux modèles (global et régional) et à la variabilité climatique interne			
2021-2050 (projection)	RCP2.6	+0,7°C	Indisponible	+1,2°C	+2,0°C
	RCP4.5	+0,6°C	+1,0°C	+1,3°C	+1,9°C
	RCP8.5	+0,9°C	+0,6°C	+1,2°C	+2,0°C
2071-2100 (projection)	RCP2.6	+0,6°C	Indisponible	+1,3°C	+2,0°C
	RCP4.5	+1,4°C	+1,2°C	+2,9°C	+2,9°C
	RCP8.5	+3,2°C	+2,6°C	+5,3°C	+5,1°C

Incertitude associée aux scénarios

Exemple d'application

Présentation sommaire d'une étude

Assistance pour l'aménagement d'une friche industrielle en Lorraine

- Client : un Établissement Public d'Aménagement (EPA)
- Objet de l'étude :
 - Caractériser les climats actuel et futurs sur le site
 - Evaluer l'intensité de l'îlot de chaleur urbain (ICU) au niveau du site à réaménager
 - ▶ Selon différents scénarios d'urbanisation
 - ▶ Sur un été « normal » (2013) et un été caniculaire (2003) représentatif d'un été moyen à l'horizon 2050
- Sources des données :
 - Synthèse climatique :
 - ▶ Climat actuel : normales AURELHY 1971-2000
 - ▶ Climat futur : simulations IPSL-2014 et CNRM-2014 extraites du DRIAS
 - Simulations de l'ICU avec SURFEX 1D forcé par des données SAFRAN :
 - ▶ Climat actuel : température à 2m et vent à 10m SAFRAN de l'été 2013
 - ▶ Climat futur : température à 2m et vent à 10m SAFRAN de l'été 2003
- Étude achevée en octobre 2016

Exemple d'application

Extrait d'une synthèse climatique

Assistance pour l'aménagement d'une friche industrielle en Lorraine

Nombre de jours de forte chaleur ($T_x \geq 30^\circ\text{C}$)

Simulations IPSL-2014 et CNRM-2014

Scénario RCP8.5

